

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 961 156 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
01.12.1999 Patentblatt 1999/48

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G02F 1/15

(21) Anmeldenummer: 99109685.0

(22) Anmeldetag: 17.05.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 29.05.1998 DE 19824186

(71) Anmelder: BAYER AG  
51368 Leverkusen (DE)

(72) Erfinder:  
• Heuer, Helmut-Werner Dr.  
47829 Krefeld (DE)  
• Wehrmann, Rolf Dr.  
47800 Krefeld (DE)

### (54) Elektrochrome Anordnung mit Gel-Elektrolyt und UV-Schutz

(57) UV-geschützte elektrochrome Anordnungen, in einem Schichtaufbau, dadurch gekennzeichnet, daß eine Schicht ein elektrisch leitfähiges, elektrochromes Polydioxythiophen und eine weitere Schicht einen oder eine Mischung von anorganischen Ionenspeichern auf Basis von Metalloxiden enthält, wobei der Gel-Elektrolyt chemisch vernetzt ist und als UV-Schutz chemisch verknüpfte UV-Absorber enthält, die nicht migrieren können.

EP 0 961 156 A2

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft elektrochrome Anordnungen mit UV-geschützten, vernetzten Gel-Elektrolyten mit steuerbarer Lichtdurchlässigkeit, deren Herstellung sowie deren Verwendung.

[0002] Scheiben von Fahrzeugen können bisher nicht in ihrer Transparenz für elektromagnetische Strahlung geregelt werden. Phototrope Gläser finden bisher nur als Brillengläser Verwendung und weisen nur eine relativ geringe Änderung der Transmission auf. Scheiben an Gebäuden werden bisher mit Vorhängen, Fensterläden, Rolläden oder anderen beweglichen mechanischen Elementen verdunkelt. Elektrochrome Vorrichtungen können also auf vielfältige Weise Anwendung finden. So seien zusammenfassend als Beispiele genannt:

### 1. Fahrzeugverglasung (Fensterscheiben oder Autosonnendächer)

[0003] Eine elektrochrome Vorrichtung eignet sich als Sonnen- oder Blendschutz in Kraftfahrzeugen. Front-, Seiten- und Heckverglasung oder Glasdächer können einbezogen werden. Der Grad der Abdunkelung kann zonenweise und stufenlos an die Bedürfnisse des Fahrers an den Sonnenstand und an die aktuelle Fahrsituation angepaßt werden. Die Integration in ein rechnergesteuertes Kontrollsystem ist möglich. Eine Kombination von aktivem Element mit einer Verbundglaseinheit ist ebenso möglich, wie das Aufbringen eines Foliensystems auf die Sicherheitsscheiben.

[0004] Die Durchlässigkeit der Scheiben kann von Hand oder automatisch gesteuert werden, was zu einem wirksamen Blendschutz bei Nachtfahrten, automatischer Anpassung des Helligkeitspegels bei Ein- und Ausfahrten von Tunneln und Parkhäusern und zum Schutz gegen Einbruch und Diebstahl des geparkten Fahrzeugs durch Verhinderung des Einblicks ins Wageninnere genutzt werden kann. Eine übermäßige Erwärmung des Innenraums im Sommer, insbesondere bei geparktem Fahrzeug, kann verhindert werden (vgl. EP-A 0 272 428).

### 2. Gebäudeverglasung (elektrochromes Fenster)

[0005] In Gebäuden eignen sich elektrochrome Anordnungen zur Abdunkelung von Seitenfenstern und Dachfenstern von Gebäuden, Wohnräumen, Arbeitsräumen oder Gewächshäusern als steuerbarer Sonnenschutz (sichtbarer Spektralbereich) und Wärmeschutz (IR-Bereich) sowie als Sichtschutz (sichtbarer Spektralbereich). Zum Schutz vor Einbrüchen können Verglasungen von Bankschaltern oder Schaufenster auf Knopfdruck verdunkelt werden. Glastüren können bei Annäherung von Personen automatisch sichtbar gemacht werden, um Verletzungen zu vermeiden. Durch die Möglichkeit, nahezu alle Farbtöne zu erzeugen, ist auch eine gestalterische Einbeziehung der Verglasung in die Fassade eines Gebäudes möglich. Der Energieverbrauch für die großflächige Steuerung der Fenstertransparenz ist gering, insbesondere wenn der Memory-Effekt des Systems ausgenutzt werden kann und nur in der Umsehaltphase Energie verbraucht wird. Eine Kombination mit einer Wärmeschutzverglasung (K-Glas) ist sehr gut geeignet um eine dynamische Kontrolle der Sonneneinstrahlung durch ein Fenster hindurch zu gewährleisten („smart window“). Somit kann ein elektrochromes System zur Regulierung und Begrenzung der notwendigen Energie zur Gebäudeklimatisierung beitragen.

[0006] Die Spannungsversorgung des Systems kann auch durch Solarmodule erfolgen. Ein lichtempfindlicher Sensor kann den Grad der Sonneneinstrahlung ermitteln und somit den Grad der Lichtdurchlässigkeit steuern.

### 3. Anzeigeelemente

[0007] Durch die farblich attraktive Gestaltungsmöglichkeit sowie die großflächige Darstellung beliebiger Konturen, z. B. Buchstaben, Zahlen, Zeichen und Symbole (durch geeignete Strukturierungstechniken herstellbar) ist ein für die Werbung interessantes Medium verfügbar. Dekorative und informative Effekte sind leicht möglich.

[0008] Neben der Möglichkeit, das System zwischen Glasscheiben anzuordnen besteht auch die Alternative zwei- oder auch nur eine transparente Kunststoffolie als Träger zu verwenden. Dadurch werden plakatahnliche Werbemittel mit veränderbarer Information realisierbar.

[0009] Elektrochrome Vorrichtungen können für kleine Anzeigeelemente wie Zifferblätter von Uhren oder Meßinstrumenten, Displays für die unterschiedlichsten Anwendungen und für große Anzeigeelemente wie Verkehrsschilder, Litfaßsäulen, Anzeigen auf Bahnhöfen, Flugplätzen oder bei Parkleitsystemen verwendet werden. Der Einsatz als variables Linienbegrenzungssystem (Spielfeldbegrenzungen etc.) in Sporthallen ist ebenfalls möglich.

[0010] Die Verwendung ist generell dort möglich, wo Informationen sichtbar gemacht werden sollen.

### 4. Optik

[0011] In der Optik ist die Verwendung elektrochromer Systeme sowohl in Kombination mit Gläsern, Linsen und Filter anderen optischer Geräte als auch als alleinige aktiv genutzte Komponente möglich. Die Anwendung als Überblend-

schutz für optische Detektionssysteme ist ebenfalls möglich. Als steuerbares Filtersystem bei photographischen Prozessen ist das System ebenfalls geeignet.

## 5. Spiegel

[0012] Eine elektrochrome Vorrichtung kann auch als abblendbarer Spiegel, z. B. im Automobil als Außen- oder Rückspiegel eingesetzt werden, der durch Anlegen einer elektrischen Spannung abgedunkelt werden kann und somit das Blenden durch Scheinwerfer fremder Fahrzeuge verhindert wird (vgl. z. B. US-A 3 280 702, US-A 4 902 108 (Gentex), EP-A 0 435 689, US-A 5 140 455). Nachteilig bei Systemen nach dem Stand der Technik (Lösungssysteme) ist die Farbinhomogenität nach längerem Betrieb (Segregation), insbesondere bei Spiegeln großer Abmessungen (z.B. LKW-Spiegel). Eine Erhöhung der Viskosität des Lösungssystems durch Zugabe von polymeren Verdickern wird beschrieben (z. B. US-A 4 902 108).

## 6. EMI shielding

[0013] Eine elektrochrome Vorrichtung kann auch als variables Filterelement zur Modulation elektromagnetischer Strahlung in bestimmten Wellenlängenbereichen eingesetzt werden.

[0014] Elektrochrome Vorrichtungen bestehen normalerweise aus einem Paar Glas- oder Kunststoffscheiben, von denen im Falle eines Spiegels, eine verspiegelt ist. Eine Seite dieser Scheiben ist mit einer lichtdurchlässigen, elektrisch leitfähigen Schicht, z. B. Indium-Zinn-Oxid (ITO), beschichtet. Aus diesen Scheiben wird eine Zelle aufgebaut, indem sie mit ihrer einander zugewandten elektrisch leitfähig beschichteten Seite fixiert werden, wobei die Zelle zwischen den Scheiben das elektrochrome System enthält. Sie ist dicht verschlossen. Über die leitfähige Schicht lassen sich die beiden Scheiben getrennt elektrisch kontaktieren und ansteuern.

[0015] Bei den aus dem oben zitierten Stand der Technik bekannten elektrochromen Lösungs-Systemen sind solche Paare von Redoxsubstanzen in einem Lösungsmittel enthalten, die nach Reduktion bzw. Oxidation farbige positiv oder negativ geladene Radikale, bilden, die chemisch reaktiv sind. Beispiele hierfür sind die seit langem bekannten Viologensysteme.

[0016] Als Paar von Redoxsubstanzen wird hierbei je eine reduzierbare und eine oxidierbare Substanz verwendet, Beide sind farblos oder nur schwach gefärbt. Unter Einfluß einer elektrischen Spannung wird die eine Substanz reduziert, die andere oxidiert, wobei wenigstens eine farbige wird. Nach Abschalten der Spannung bilden sich die beiden ursprünglichen Redoxsubstanzen wieder zurück, wobei Entfärbung bzw. Farbaufhellung auftritt.

[0017] Aus US-A 4 902 108 ist bekannt, daß solche Paare von Redoxsubstanzen geeignet sind, bei denen die reduzierbare Substanz wenigstens zwei chemisch reversible Reduktionswellen im cyclischen Voltammogramm und die oxidierbare Substanz entsprechend wenigstens zwei chemisch reversible Oxidationswellen besitzt. Systeme dieser Art kommen hauptsächlich für abblendbare Autorückspiegel in Frage. Da es sich hierbei um Lösungssysteme handelt kommt eine Anwendung in elektrochromen Fenstern unter normalen Umständen nicht in Betracht.

[0018] Es sind auch Systeme bekannt, bei denen das eigentliche elektrochrome Redoxpaar in einer Polymermatrix dispergiert ist (s. z.B. WO-A 96/03475). Der unerwünschte Effekt der Segregation wird hierbei unterdrückt.

[0019] Kombinationen anorganischer elektrochromer Komponenten, wie z. B.  $\text{WO}_3$ ,  $\text{NiO}$  oder  $\text{IrO}_2$  sind ebenfalls bekannt und kommen als Komponenten in einem elektrochromen Fenster in Betracht (s. z.B. US-A 5 657 149. Electro-nique International No. 276, 16 (1997)).

[0020] Diese anorganischen elektrochromen Komponenten lassen sich nur durch Aufdampfen, Aufspatzen oder durch Sol-Gel-Technik auf dem leitfähigen Substrat aufbringen. Dies führt dazu, daß Systeme dieser Art sehr teuer in der Herstellung werden. In dem Bestreben, eine anorganische Komponente durch eine organische Polymerkomponente zu ersetzen, sind z. B. elektrochrome Systeme auf Basis des elektrisch leitfähigen Polymers Polyanilin (PANI) und  $\text{WO}_3$  als komplementäre elektrochrome Materialien bekannt geworden (s. z.B. B.P. Jelle, G. Hagen, J. Electrochem. Soc., Vol. 140, Nr. 12, 3560 (1993)). Es wurde auch der Versuch unternommen, Systeme ohne eine anorganische Komponente einzusetzen, wobei die ITO oder  $\text{SnO}_2$ -Schicht (Gegenelektrode) als komplementäre elektrochrome Komponente zu substituierten Poly(3,4-alkylendioxythiophenen) dienen soll (US-A 5 187 608).

[0021] Es zeigt sich jedoch, daß derartige elektrochrome Anordnungen ungeeignet sind, um eine ausreichende Anzahl Schaltzyklen ohne Veränderung der Device-Eigenschaften zu gewährleisten. Außerdem zeigen solche elektrochromen Anordnungen in der Regel eine Empfindlichkeit gegenüber Licht, insbesondere UV-Licht. Es sind deshalb auch elektrochrome Anordnungen bekannt, die UV-Stabilisatoren enthalten, beispielsweise aus US-A 5 280 380.

[0022] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine UV-geschützte elektrochrome Anordnung in einem Schichtaufbau der mindestens einen UV-Absorber enthält, dadurch gekennzeichnet, daß eine Schicht ein elektrisch leitfähiges, elektrochromes Polydioxithiophen und eine weitere Schicht einen oder eine Mischung von Ionenspeichern der Formeln (I) bis (XXI) ist

|    |  |         |
|----|--|---------|
|    | $\text{Me}^1\text{O}_2$                                | (I)     |
|    | $\text{Me}^2_2\text{O}_5$                              | (II)    |
| 5  | $\text{Li}_x\text{Me}^1\text{O}_2$                     | (III)   |
|    | $\text{Li}_x\text{Me}^2_2\text{O}_5$                   | (IV)    |
|    | $\text{Li}_x\text{Me}^1\text{O}_{2+x/2}$               | (V)     |
| 10 | $\text{Li}_x\text{Me}^2_2\text{O}_{5+x/2}$             | (VI)    |
|    | $\text{Me}^3\text{O}$                                  | (VII)   |
| 15 | $\text{Me}^3\text{O}_x$                                | (VIII)  |
|    | $\text{M}_x\text{Me}^3\text{O}$                        | (IX)    |
|    | $\text{M}_x\text{Me}^3\text{O}_2$                      | (X)     |
| 20 | $\text{M}_x\text{Me}^3\text{O}_y$                      | (XI)    |
|    | $\text{Me}^4\text{O}_3$                                | (XII)   |
| 25 | $\text{M}_x\text{Me}^4\text{O}_3$                      | (XIII)  |
|    | $\text{M}_x\text{Me}^4_{(1-x)}\text{Me}^4_x\text{O}_3$ | (XIV)   |
|    | $\text{Me}^3(\text{OH})_2$                             | (XV)    |
| 30 | $\text{Me}^3\text{O}(\text{OH})$                       | (XVI)   |
|    | $\text{MMe}^3\text{O}_2$                               | (XVII)  |
| 35 | $\text{Me}^3\text{O}_2$                                | (XVIII) |
|    | $\text{Me}^3_2\text{O}_3$                              | (XIX)   |
|    | $\text{Me}^3_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$     | (XX)    |
| 40 | $\text{LiMe}^5\text{O}_3$                              | (XXI)   |

worin

- 45  $\text{Me}^1$  und  $\text{Me}^2$  für ein Metall der III., IV. und V. Nebengruppe des Periodensystems nach Mendelejew steht,
- $\text{Me}^3$  und  $\text{Me}^4$  für ein Metall der VI. und VIII. Nebengruppe des Periodensystems,
- $\text{Me}^5$  für ein Metall der V. Nebengruppe des Periodensystems nach Mendelejew steht,
- 50 x für Zahlen von 0,001 bis 5 steht,
- y für Zahlen von 0,001 bis 5 steht,
- 55 M steht vorzugsweise für ein Metall der 1. Hauptgruppe des Periodensystems oder für ein Proton,
- $\text{Me}^1$  steht vorzugsweise für Zirkonium, Cer oder Titan,

- Me<sup>2</sup> steht vorzugsweise für Vanadium oder Niob,  
 Me<sup>3</sup> steht vorzugsweise für Nickel oder Iridium,  
 5 Me<sup>4</sup> steht vorzugsweise für Molybdän oder Wolfram,  
 Me<sup>5</sup> steht vorzugsweise für Vanadium, Niob oder Tantal.

[0023] Ganz besonders bevorzugt werden folgende Ionenspeicherschichten eingesetzt:

|  |   |
|--|---|
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                      | NiO   |
| Li <sub>x</sub> V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>      | NiO <sub>2</sub>                                  |
| Li <sub>x</sub> V <sub>2</sub> O <sub>5+x/2</sub>  | Ni(OH) <sub>2</sub>                               |
| CeO <sub>2</sub>                                   | NiO(OH)   |
| Li <sub>x</sub> CeO <sub>2</sub>                   | LiNiO <sub>2</sub>                                |
| Li <sub>x</sub> CeO <sub>2+x/2</sub>               | Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                    |
| Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                     | Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · H <sub>2</sub> O |
| Li <sub>x</sub> Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>     | Li <sub>x</sub> NiO                               |
| Li <sub>x</sub> Nb <sub>2</sub> O <sub>5+x/2</sub> | WO <sub>3</sub>                                   |
| LiNbO <sub>3</sub>                                 |   |

[0024] Der Ionenspeicher kann auch eine Mischung von mindestens zwei der Verbindungen (I) bis (XXI) sein.

[0025] Besonders bevorzugt werden folgende Mischungen verwendet:

TiO<sub>2</sub> - CeO<sub>2</sub>  
 CeO<sub>2</sub> - V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 TiO<sub>2</sub>-V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 Li<sub>x</sub>CeO<sub>2</sub> - Li<sub>x</sub>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 Li<sub>x</sub>TiO<sub>2</sub> - Li<sub>x</sub>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 Li<sub>x</sub>TiO<sub>2</sub> - Li<sub>x</sub>CeO<sub>2</sub>  
 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 Li<sub>x</sub>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - Li<sub>x</sub>Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 NiO-CeO<sub>2</sub>  
 NiO-TiO<sub>2</sub>

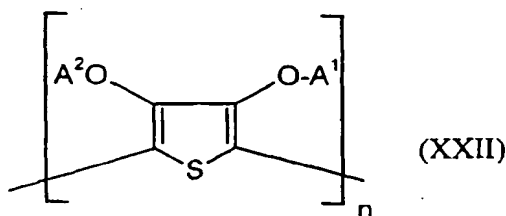
[0026] Der Ionenspeicher im erfindungsgemäßen Aufbau besteht somit aus einer Metalloxid-Verbindung oder einer Mischung aus Metalloxiden. Die Ionenspeicherschichten können bereits bei ihrer Erzeugung ein Li-Salz beinhalten oder auch erst nachträglich elektrochemisch mit Li-Ionen beladen werden.

[0027] Die Verbindungen der Formeln (I) bis (XXI) sind allgemein bekannte Verbindungen, käuflich erhältlich oder lassen sich nach allgemein bekannten Methoden der anorganischen Chemie herstellen (vgl. z.B. Hollemann-Wiberg, Lehrbuch der anorganischen Chemie, 71. - 80. Auflage, Walter de Gruyter Co., Berlin 1971, Seiten 779-781, Römpp Chemie Lexikon; Chemical Abstract 1313-96-8 oder P.M.S. Monk, R.J. Mortimer, D.R. Rosseinsky; Electrochromism, VCH-Verlag, Weinheim 1995).

[0028] Nickeloxide bzw. Nickeloxid-Hydrate sind beschrieben in Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie, Verlag Chemie, 8. Auflage 1996 oder N. Özer, C.H. Lampert, Solar Energy Materials and Solar Cells 39 (1995), 367 für das Beispiel LiNbO<sub>3</sub>.

[0029] Die erfindungsgemäße elektrochrome Anordnung enthält also mindestens eine anorganische Ionenspeicherschicht. Diese kann entweder durch ein Sol-Gel-Verfahren, durch Aufdampfen/Aufputtern oder elektrochemisch auf eine elektrisch leitfähiges Substrat aufgebracht werden, das zur Verbesserung der Leitfähigkeit mit einem Metallgitter versehen sein kann. Dabei kann es sich auch um Nano-Teilchen handeln, die mittels einer Gießtechnik aufgebracht werden können.

[0030] Die Polydioxothiophene sind kationisch geladen und aus Struktureinheiten der Formel (XXII)



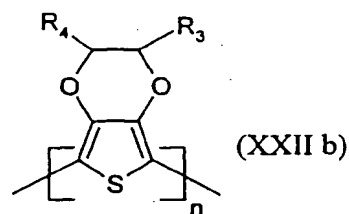
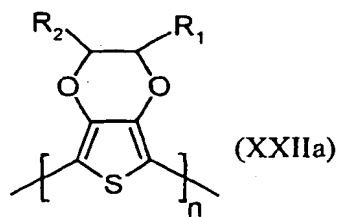
aufgebaut, in der

15 - A¹ und A² unabhängig voneinander für gegebenenfalls substituiertes (C₁-C₄)-Alkyl stehen oder zusammen gegebenenfalls substituiertes (C₁-C₄)-Alkylen bilden, und

n für eine ganze Zahl von 2 bis 10.000 vorzugsweise 5 bis 5 000 steht,

20 in Gegenwart von Polyanionen.

[0031] Bevorzugte kationische Polydioxothiophene sind aus Struktureinheiten der Formel (XXIIa) oder (XXIIb) aufgebaut



worin

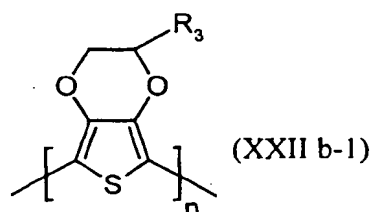
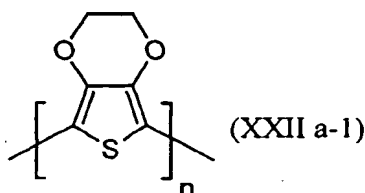
50 R₁ und R₂ unabhängig voneinander für Wasserstoff, gegebenenfalls substituiertes (C₁-C₁₈)-Alkyl, vorzugsweise (C₁-C₁₀)-, insbesondere (C₁-C₆)-Alkyl, (C₂-C₁₂)-Alkenyl, vorzugsweise (C₂-C₈)-Alkenyl, (C₃-C₇)-Cycloalkyl, vorzugsweise Cyclopentyl, Cyclohexyl, (C₇-C₁₅)-Aralkyl, vorzugsweise Phenyl-(C₁-C₄)-alkyl, (C₆-C₁₀)-Aryl, vorzugsweise Phenyl, Naphthyl, (C₁-C₁₈)-Alkyloxy, vorzugsweise (C₁-C₁₀)-Alkyloxy, beispielsweise Methoxy, Ethoxy, n- oder iso-Propoxy, oder (C₂-C₁₈)-Alkyloxyester steht und

55 R₃, R₄ unabhängig voneinander für Wasserstoff, aber nicht beide gleichzeitig, mit mindestens einer Sulfonatgruppe substituiertes (C₁-C₁₈)-Alkyl, vorzugsweise (C₁-C₁₀)-, insbesondere (C₁-C₆)-Alkyl, (C₂-C₁₂)-Alkenyl, vorzugsweise (C₂-C₈)-Alkenyl, (C₃-C₇)-Cycloalkyl, vorzugsweise Cyclopentyl, Cyclohexyl, (C₇-C₁₅)-Aralkyl, vorzugsweise Phenyl-(C₁-C₄)-alkyl, (C₆-C₁₀)-Aryl, vorzugsweise Phenyl, Naphthyl, (C₁-C₁₈)-Alky-

loxy, vorzugsweise (C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>)-Alkyloxy, beispielsweise Methoxy, Ethoxy, n- oder iso-Propoxy oder (C<sub>2</sub>-C<sub>18</sub>)-Alkyloxyester steht,

n für eine Zahl von 2 bis 10 000, vorzugsweise 5 bis 5 000 steht.

[0032] Ganz besonders bevorzugt enthält der erfindungsgemäße elektrochrome Deviceaufbau mindestens ein elektrisch leitfähiges, elektrochromes kationisches oder neutrales Polydioxithiophen der Formeln (XXII a-1) und/oder (XXII b-1)



worin

R<sub>3</sub> die obengenannte Bedeutung hat.

n für eine ganze Zahl von 2 bis 10 000, vorzugsweise 5 bis 5 000 steht.

[0033] Als Polyanionen dienen die Anionen von polymeren Carbonsäuren, wie Polyacrylsäuren, Polymethacrylsäuren, oder Polymaleinsäuren und polymeren Sulfonsäuren, wie Polystyrolsulfonsäuren und Polyvinylsulfonsäuren. Diese Polycarbon- und -sulfonsäuren können auch Copolymere von Vinylcarbon- und Vinylsulfonsäuren mit anderen polymerisierbaren Monomeren, wie Acrylsäureestern und Styrol sein.

[0034] Besonders bevorzugt ist das Anion der Polystyrolsulfonsäure als Gegenion.

[0035] Das Molekulargewicht der die Polyanionen liefernden Polysäuren beträgt vorzugsweise 1000 bis 2 000 000, besonders bevorzugt 2000 bis 500 000. Die Polysäuren oder ihre Alkalisalze sind im Handel erhältlich, z.B. Polystyrolsulfonsäuren und Polyacrylsäuren, oder aber nach bekannten Verfahren herstellbar (siehe z.B. Houben Weyl, Methoden der organischen Chemie, Bd. E 20 Makromolekulare Stoffe, Teil 2, (1987), S. 1141 u.f.).

[0036] Anstelle der für die Bildung der Dispersionen aus Polydioxithiophenen und Polyanionen erforderlichen freien Polysäuren, kann man auch Gemische aus Alkalisalzen der Polysäuren und entsprechenden Mengen an Monosäuren einsetzen.

[0037] Im Falle der Formel (XXIIb1) tragen die Polydioxithiophene positive und negative Ladung in der Struktureinheit. Die Herstellung der Polydioxithiophene ist beispielsweise in EP-A 0 440 957 (=US-A 5 300 575) beschrieben.

[0038] Die Polydioxithiophene werden durch oxidative Polymerisation erhalten. Dadurch erhalten sie positive Ladungen, die in den Formeln nicht dargestellt sind, da ihre Zahl und ihre Position nicht einwandfrei feststellbar sind.

[0039] Die vorliegende Erfindung betrifft demnach einen lichtgeschützten elektrochromen Deviceaufbau mit elektrisch leitfähigen Poly(3,4-ethylendioxythiophen)-Derivaten als kathodisch einfärbenden elektrochromen Polymeren und dazu geeigneten Ionenspeicherschichten für Li-Ionen. Ein Gel-Elektrolyt, bestehend aus einem vernetzten Polymer, einem Li-Salz und einer bestimmten Menge eines Lösungsmittels befindet sich zwischen der elektrochromen Polymerschicht und der Ionenspeicherschicht. Der schematische Aufbau ist in Fig. 1, Prinzip I) dargestellt.

[0040] Legende von Fig. 1:

- 1,2 : Substrat  
 3,4 : elektrisch leitfähige Beschichtung, wobei eine als Spiegel wirken kann  
 5 : Elektrochromes Polymer z.B. PEDT/PSS  
 6 : Ionenspeicherschicht  
 5. 7 : Gel-Elektrolyt (vernetzt oder unvernetzt)  
 8,9 : feines Maschennetz aus Metall (optional)

**[0041]** Der erfindungsgemäße Aufbau enthält außerdem mindestens einen UV-Absorber oder ein Lichtschutzmittel aus der Substanzklasse der

- 10 Benzophenone  
 Benzotriazole  
 nickelorganische Verbindungen  
 Salicylsäureester  
 15 Zimtsäureester  
 Benzylidenmalonate  
 Benzoessäureester  
 Oxalanilide  
 sterisch gehinerte Amine  
 20 polymere sterisch gehinderte Amine

wobei das Lichtschutzmittel oder eine Mischung mehrerer Lichtschutzmittel in einem chemisch vernetzten polymeren Gel-Elektrolyten (s. Schicht 7 in Fig. 1) chemisch über Acrylatgruppen, Methacrylatgruppen, Allylgruppen, Vinylgruppen, Hydroxy- oder Carboxygruppen in das Netzwerk eingebunden ist.

- 25 **[0042]** UV-Absorber oder Lichtschutzmittel sind allgemein bekannt (s. z.B. Modern Plastics Encyclopedia, McGraw-Hill Inc., New York 1982) und kommerziell unter diversen Handelsnamen (z.B. ®Chimassorb, ®Uvinul, ®Irgastab usw.) bei verschiedenen Anbietern (z.B. Ciba-Geigy, BASF, Clariant usw.) erhältlich.

- [0043]** UV-Absorber mit reaktiven Gruppen sind ebenfalls bekannt und z.B. von der Fa. Polysciences Europa GmbH, Eppelheim oder der Fa. Aldrich, Deutschland zu beziehen. Der Vorteil von chemisch gebundenen UV-Absorbern ist,  
 30 daß sie in der Matrix nicht mehr migrieren können.

**[0044]** Bevorzugt lassen sich die Lichtschutzmittel über

- Acrylatgruppen
- Methacrylatgruppen
- 35 - Allylgruppen
- Vinylgruppen
- Hydroxy- oder Carboxygruppen

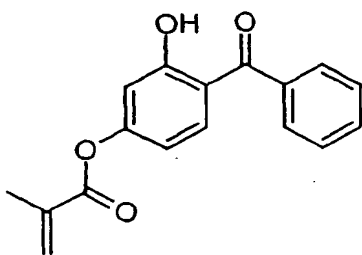
- photochemisch oder thermisch in eine Matrix einbinden, die als Gel-Elektrolyt in einer elektrochromen Anordnung  
 40 dient.

**[0045]** Beispielsweise seien hier genannt:

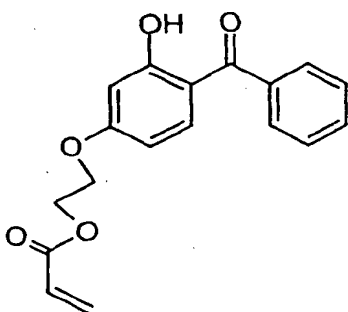


.) aus der Gruppe der Benzophenone/Acetophenone:

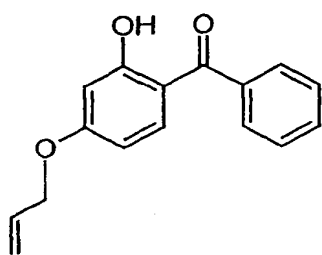
[0046]



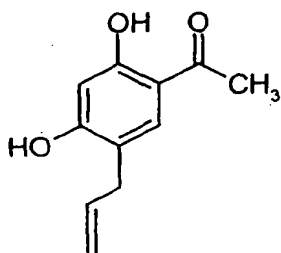
(4-Methacryloxy-2-hydroxybenzophenon)



(4-(2-Acryloxyethoxy)-2-hydroxybenzophenon)



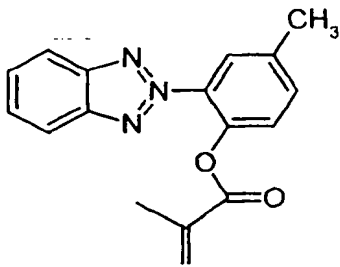
(4-(Allyloxy)-2-hydroxybenzophenon)



(3-Allyl-4-hydroxyacetophenon)

.) aus der Gruppe der Benzotriazole:

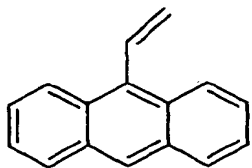
[0047]



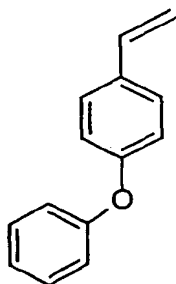
(2-(2'-Methacryloxy-5'-methylphenyl)-benzotriazol)

.) weitere UV-absorbierende Monomere

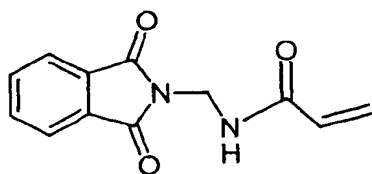
[0048]



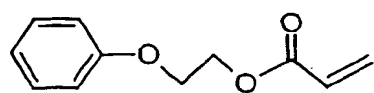
(9-Vinylanthracen)



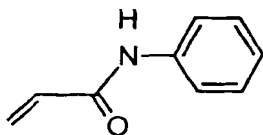
(4-Phenoxystyrol)



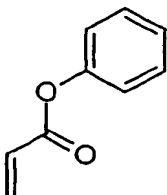
(N-(Phthalimidomethyl)-acrylamid)



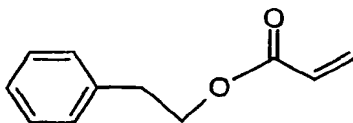
(2-Phenoxyethyl-acrylat)



(N-Phenylacrylamid)



(Phenylacrylat)



(2-Phenylethylacrylat)

[0049] Erfindungsgemäßer Bestandteil des erfindungsgemäßen lichtgeschützten elektrochromen Schichtaufbaus sind UV-Absorber. Sie werden im Bereich 0,01 bis 10 Gew.-%, vorzugsweise 0,04 bis 5 Gew.-% im Gel-Elektrolyt eingesetzt. Die im erfindungsgemäßen Schichtaufbau enthaltenen UV-Absorber sind im Prinzip bekannt oder können analog zu der Herstellung der bekannten UV-Absorber hergestellt werden. Bevorzugte UV-Absorber sind Benzophenone und Benzotriazole. Diese sind kommerziell erhältlich.

[0050] Die Wirkung der UV-Absorber wurde gemessen in elektrochromen Schichtanordnungen wie sie weiter unten beschrieben sind. Als Belichtungsgerät wurde Xenotest 150 S der Fa. Heraeus verwendet. Die Leistung betrug 1570 W/m<sup>2</sup> in der Konfiguration „Sonnenlicht im Freien“.

[0051] Die elektrochrome Polymerschicht ist transparent im dotierten Zustand. Diese läßt sich durch Elektronenaufnahme (Reduktion) an der Kathode unter Zunahme der Extinktion im sichtbaren Bereich des Spektrum in eine gefärbte Form überführen.

[0052] Die auf der gegenüberliegenden Seite (Anode) ablaufende Oxidation ist mit einer Austauschreaktion der Ionenspeicherschicht mit Li-Ionen verknüpft. Diese Reaktion trägt jedoch kaum zur Farbgebung bei, so daß sie nicht störend ins Gewicht fällt.

[0053] Die vorliegende Erfindung betrifft demnach also ein lichtgeschütztes elektrochromes Festphasensystem, enthaltend mindestens ein redoxaktives elektrisch leitfähiges Polymer aus der Substanzklasse der Poly(3,4-ethylenedioxythiophen)-Derivaten die zur Verarbeitbarkeit aus Lösung Polystyrolsulfonat beigemischt haben können, bzw. in einer Seitenkette eine lösungsvermittelnde Sulfonatgruppe tragen und mindestens ein Lichtschutzmittel. Diese Polymerschicht wird bevorzugt aus wäßriger Lösung heraus aufgebracht, wobei nach Verdampfen des Lösungsmittels der feste, trockene Polymerfilm auf dem Substrat zurückbleibt. Sie soll jedoch auch durch Siebdruck aufzubringen sein. Als Substrate werden bevorzugt ein elektrisch leitfähiges, transparentes Glas- oder Foliensystem verwendet, wobei eine Schicht aus Indium-Zinn-Oxid (ITO), mit Fluor dotiertem Zinnoxid (FTO, K-Glas), undotiertem Zinnoxid oder eine Schicht aus feinverteiltem Silber als Elektrode dient. Es ist auch möglich, daß eine Elektrodenseite aus einer Metallschicht (wie z. B. Al, Cu, Pd) besteht die nicht mehr transparent ist (bei Anwendung im Spiegel). Der Gel-Elektrolyt enthält mindestens ein Polymer (z. B. Polyethylenoxid, PMMA), mindestens ein Li-Salz (z. B. Li-Triflat, Li-Perchlorat), mindestens ein Lösungsmittel (z. B. Propylencarbonat), sowie mindestens ein Lichtschutzmittel.

[0054] Die vorliegende Erfindung betrifft neben der Verwendung als elektrochrome Vorrichtung in der Gebäude bzw. Architekturverglasung und als Fahrzeugverglasung oder Sonnendach auch die Verwendung als Anzeigeelement (Dis-

play), als elektrochromer Spiegel (z. B. selbstabblendbarer Automobilrückspiegel) auch die Verwendung in verschiedenen optischen Elementen.

[0055] Für eine Anwendung als Spiegel kann eine der beiden Elektroden aus einem aufgedampften oder elektrochemisch abgeschiedenen Metallbelag bestehen, z.B. Aluminium, Silber, Kupfer, Platin, Palladium, Rhodium.

[0056] Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin auch ein lichtgeschütztes elektrochromes System, bei dem die farbgebende elektrochrome Polymerverbindung gleichzeitig als ihre eigene Elektrode fungiert, wodurch nur eine leitfähige Beschichtung aus ITO, Fluor-dotiertem Zinnoxid oder einem Metall nötig ist. (s. Fig.1, Prinzip II)

[0057] Legende von Fig. 1, Prinzip II:

- 1,2 : Substrat
- 4 : elektrisch leitfähige Beschichtung, die auch als Spiegel wirken kann
- 5 : Elektrochromes Polymer
- 6 : Ionenspeicherschicht
- 7 : Gel-Elektrolyt (vernetzt oder unvernetzt)
- 8,9 : feines Maschennetz aus Metall (optional)

[0058] Der erfindungsgemäße lichtgeschützte elektrochrome Aufbau zeichnet sich besonders bevorzugt dadurch aus, daß eine Kombination mit einem Wärmeschutzglas (käuflich für Architekturverglasungszwecke) explizit als positives Aufbau-Merkmal für Energiesparmaßnahmen von sonnendurchfluteten Räumen möglich ist und auch dem prallen Sonnenlicht ausgesetzt werden kann. Weitere explizite Elektroden aus anderem Material sind somit nicht nötig, da die Wärmeschutzschicht den Durchlaß der IR-Strahlung begrenzt und gleichzeitig durch die elektrische Leitfähigkeit die Elektrodenfunktion in dem elektrochromen Aufbau übernimmt.

[0059] Der erfindungsgemäße lichtgeschützte elektrochrome Aufbau zeichnet sich außerdem dadurch aus, daß die elektrochrome Schicht auch noch IR-Strahlung in bestimmten Bereichen absorbieren kann und somit den Wärmedurchgang durch die Scheibe begrenzen kann.

[0060] Der erfindungsgemäße lichtgeschützte elektrochrome Schichtaufbau ist als Bestandteil einer elektrochromen Vorrichtung geeignet. In einer elektrochromen Vorrichtung dient der erfindungsgemäße lichtgeschützte elektrochrome Schichtaufbau als Medium mit variabler Transmission, d.h. unter Einfluß einer elektrischen Spannung ändert sich die Lichtdurchlässigkeit des Systems, indem sie von einem farblosen in einen gefärbten Zustand übergeht. Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind demnach elektrochrome Vorrichtungen enthaltend einen erfindungsgemäßen lichtgeschützten elektrochromen Device-Aufbau. Anwendungen dieser elektrochromen Vorrichtung bestehen in der Architekturverglasung und in Verkehrsmitteln z.B. als Fensterscheibe, Autosonnendach, Automobil-Rückspiegel, Display oder als optisches Element, bzw. als Bestandteil von Informationsanzeigeeinheiten wie Instrumentenanzeigen in Fahrzeugen jeglicher Art. Die Anwendung als Fenster bei Gewächshäusern ist ebenfalls möglich.

[0061] Im Falle, daß die elektrochrome Vorrichtung eine elektrochrome Anzeigevorrichtung ist, sind mindestens eine der beiden leitfähigen Schichten bzw. beide in elektrisch voneinander getrennte Segmente aufgeteilt, die einzeln kontaktiert sind.

[0062] Es kann aber auch nur eine der beiden Platten leitfähig beschichtet und in Segmente aufgeteilt sein. Die Trennung der Segmente kann beispielsweise erfolgen durch mechanisches Entfernen der leitfähigen Schicht, z.B. durch Ritzen, Kratzen, Schaben oder Fräsen oder auf chemischem Wege beispielsweise durch Ätzen mittels beispielsweise einer salzsäuren Lösung von  $\text{FeCl}_2$  und  $\text{SnCl}_2$ . Diese Entfernung der leitfähigen Schicht kann über Masken, z.B. solchen aus Photolack, örtlich gesteuert werden. Es können aber auch die elektrisch getrennten Segmente durch gezieltes, z.B. mittels Masken, Aufbringen, z.B. Sputtern oder Drucken, der leitfähigen Schicht hergestellt werden. Die Kontaktierung der Segmente erfolgt beispielsweise mittels feiner Streifen aus leitfähigem Material, womit das Segment mit einem Kontakt am Rande der elektrochromen Vorrichtung elektrisch leitend verbunden ist. Diese feinen Kontaktstreifen können entweder aus dem gleichen Material bestehen, wie die leitfähige Schicht selbst und beispielsweise bei deren Aufteilung in Segmente, wie oben beschrieben, mit hergestellt werden. Sie können aber auch z.B. zur Verbesserung der Leitfähigkeit aus anderem Material wie feinen metallischen Leitern, beispielsweise aus Kupfer oder Silber, bestehen. Auch eine Kombination aus metallischem Material und dem Material der leitfähigen Beschichtung ist möglich. Diese metallischen Leiter können beispielsweise entweder in feiner Drahtform aufgebracht, z.B. aufgeklebt, werden oder aber aufgedruckt werden. Alle diese oben beschriebenen Techniken sind im allgemeinen aus der Herstellung von Flüssigkristalldisplays (LCD) bekannt.

[0063] Im Falle von Displays können die erfindungsgemäßen Anzeigen im Durchlicht oder auch reflektiv über eine Verspiegelung betrachtet werden.

[0064] Im Falle, daß die elektrochrome Vorrichtung ein elektrochromes Fenster ist, kann auf einer oder beiden Elektroden ein feines Maschennetz aus Metall aufgedampft sein. Dies dient der Verbesserung der Oberflächenleitfähigkeit der Substrate und ist bei großen Flächen von Vorteil, um eine gleichmäßige Einfärbung zu erzielen.

[0065] Der erfindungsgemäße lichtgeschützte elektrochrome Device-Aufbau enthält bevorzugt mindestens eine

transparente elektrisch leitfähige Beschichtung auf einem Substrat (Glas oder Kunststoff), bestehend aus Indium-Zinn-Oxid ( $\text{In}_2\text{O}_3 : \text{SnO}_2$  (ITO)), Zinnoxid ( $\text{SnO}_2$ ), Fluor-dotiertes Zinnoxid ( $\text{SnO}_2 : \text{F}$ ; FTO oder "K-Glas", "Wärmeschutzglas"), Antimon-dotiertes Zinnoxid, Antimon-dotiertes Zinkoxid, Aluminiumdotiertes Zinkoxid oder einem transparenter Metallfilm mit genügend dünner Schichtdicke, z.B. Silberbeschichtung (Wärmeschutzglas, z.B. <sup>®</sup>PLANITHERM der Fa. Saint-Gobain).

[0066] Auch andere leitfähige Polymere wie gegebenenfalls substituierte Polythienyle, Polypyrrole, Polyaniline, Polyactetylen oder Polythiophene können verwendet werden.

[0067] Im erfindungsgemäßen lichtgeschützten Device-Aufbau ist das eigentliche elektrochrome Polymer auch bevorzugt auch als sein eigenes leitfähiges Elektrodenmaterial anstelle einer der oben genannten leitfähigen Beschichtungen einzusetzen.

[0068] Ganz besonders bevorzugt werden Indium-Zinn-Oxid ( $\text{In}_2\text{O}_3 : \text{SnO}_2$  (ITO)), Zinnoxid ( $\text{SnO}_2$ ), Fluor-dotiertes Zinnoxid ( $\text{SnO}_2 : \text{F}$ ; FTO, "K-Glas", "Wärmeschutzglas") oder ein transparenter Silberbelag mit genügend dünner Schichtdicke (Wärmeschutzglas oder Wärmeschutzfolie) verwendet.

[0069] Im Falle, daß eine der Scheiben verspiegelt ist, kann auch diese leitfähige Schicht genutzt werden. Besonders bevorzugt wird hier Silber, Aluminium, Kupfer, Platin, Palladium und Rhodium eingesetzt.

[0070] Der erfindungsgemäße lichtgeschützte elektrochrome Aufbau enthält bevorzugt einen transparenten Gel-Elektrolyten, der aus folgenden Komponenten besteht:

Polymer (vernetzt)

Li-Salz

Lösungsmittel oder Lösungsmittelgemisch

Lichtschutzmittel oder Mischung mehrerer Lichtschutzmittel,  
die chemisch an die Matrix gebunden sind.

[0071] Besonders bevorzugt werden photovernetzbare Polyether und Polyethylenoxide als Polymermatrix verwendet.

[0072] Besonders bevorzugt sind photovernetzbare Polymersysteme auf Basis von Acrylaten wie z.B. Polyethylenglycol 400 Diacrylat, Polyethylenglykol 400 Dimethacrylat, Polyethylenglykol 600 Diacrylat, Polyethylenglykol 600 Dimethacrylat, Polyethylenglykol-methacrylat, Tripropylenglykol-diacrylat, Tripropylenglykol-monomethylether-acrylat, Trimethylolpropan-triacrylat, Ethylenglykol-dimethacrylat, Hydroxyethyl-methacrylat (HEMA), Hexandiol-diacrylat, Diäthylenglykol-diacrylat, Tetraethylenglykol-diacrylat, Pentaerythritol-triacrylat, Pentaerythritol-tetraacrylat, Butyl-methacrylat sowie die Acrylate Roskydal<sup>®</sup> UA VP LS 2258 und Roskydal<sup>®</sup> UA LP V 94/800 der Fa. Bayer AG. Die photovernetzbaren Polymersysteme sollen in Gegenwart des verwendeten Lösungsmittels und des Li-Salzes mit Hilfe einer Lichtaktivierung mittels eines gängigen Photoinitiators wie z.B. Darocure 1173, 1116 oder Irgacure 184 (Fa. E. Merck KGaA, Darmstadt) auch zwischen dicken Glasplatten, die mit einer transparenten elektrischen Beschichtung versehen sind, noch auszuhärten sein. Die Belichtung erfolgt nach Befüllung der Zelle durch Bestrahlen mit einer geeigneten Lampe (z.B. UV-Strahler wie Hg- oder Xe-Lampe). Die Aushärtung von Polymersystemen durch Elektronenstrahlaushärtung ist bei den genannten Systemen ebenfalls möglich.

[0073] Ganz besonders bevorzugt sind auch modifizierte Siloxane aus z.B. gamma-Glycidylpropyltrimethoxysilan. Dabei kann es sich z. B. um Polypropylenoxid-modifizierte Varianten handeln.

[0074] Die Gel-Elektrolyten können neben den UV-Absorbern auch organische und/oder anorganische Füllstoffe oder Zusätze enthalten. Hier können die üblichen Additive wie z.B. Thermostabilisatoren, optische Aufheller, Flammenschutzmittel, Fließhilfsmittel, Brandschutzmittel, Farbmittel, Pigmente, Füll- oder Verstärkungsstoffe, fein zerteilte Mineralien, Faserstoffe, Kreide, Quarzmehl, Glas, Aluminiumoxid, Aluminiumchlorid und Kohlenstoffasern in üblichen Mengen zugesetzt sein. Die Funktion eines Abstandhalter kann z.B. von Glaskugeln, Polymerpartikeln, Kieselgel oder Sandkörnern mit definierter Größe übernommen werden, falls dies notwendig ist.

[0075] Als bevorzugte Li-Salze kommen  $\text{LiClO}_4$ ,  $\text{LiCF}_3\text{SO}_3$ ,  $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2$ ,  $\text{LiCl}$ ,  $\text{LiPF}_6$  in Frage.

[0076] Ganz besonders bevorzugt sind hierbei  $\text{LiClO}_4$ ,  $\text{LiCF}_3\text{SO}_3$  und  $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2$ .

[0077] Als besonders bevorzugte Lösungsmittel kommen Propylenearbonat, Ethylencarbonat, Acetonitril und  $\gamma$ -Butyrolacton sowie Mischungen daraus in Frage.

[0078] Ganz besonders bevorzugt werden Propylenearbonat und Ethylencarbonat verwendet.

[0079] Als Substrat werden im erfindungsgemäßen lichtgeschützten elektrochromen Aufbau Glas oder verschiedene Sorten Kunststoff eingesetzt.

[0080] Bevorzugt sind im allgemeinen transparente Substrate jeglicher Art.

[0081] Als besonders bevorzugte Materialien neben Glas, speziell Wärmeschutzglas bei Anwendung als elektrochromes Fenster, (in Schichtdicken von 10  $\mu\text{m}$  bei „flexiblem Glas, Dünnglas“ bis 3 cm) kommen Polyester (z.B. Polyethylenterephthalat (PET) oder Polyethylennaphthalat (PEN)), verschiedene Typen von Polycarbonat (z.B. <sup>®</sup>Makrolon, APEC-HT), Polysulfone, Polyimide sowie Polycycloolefine in Frage. Das polymere Substrat kann dabei als flexible Folie oder als dicke Plane zum Einsatz kommen. Das Substrat kann auch gekrümmt vorliegen, so daß sich der Schichtaufbau

der Form der Unterlage anpaßt. Ein flexibles Kunststoffsubstrat kann nach dem Aufbau des elektrochromen Gesamtsystems auch auf verschiedene Unterlagen, wie z.B. gekrümmtes Glas, auf laminiert oder aufgeklebt werden.

[0082] Die Kunststoffsubstrate können zusätzlich noch mit Sperrschichten gegen Wasser und Sauerstoff versehen sein.

[0083] Bevorzugt kommen hier  $\text{TiO}_x$ ,  $\text{SiO}_x$  auf Polyester, z.B. Polyethylterephthalat, Du Pont, (vgl. Verpackungsfolien) oder fluorierte Polymere sowie mögliche Kombinationen daraus sowie auch Sperrschichten auf Basis von anorganisch-organischen Hybridsystemen in Frage.

[0084] Der erfindungsgemäße lichtgeschützte elektrochrome Aufbau kann bei der Gestaltung als flexibles Foliensystem als komplettes elektrochromes Verbundsystem auf die Sicherheitsscheiben von Autos auf laminiert oder geklebt werden. Außerdem kann er in den Hohlraum eines Verbundglasscheibensystems in die Architekturverglasung integriert werden.

[0085] Der Steuermechanismus des elektrochromen Aufbaus beruht auf der reversiblen elektrochemischen Dotierung des elektrochromen Polymers, was sich in kräftigen Farbänderungen beispielsweise von farblos zu blau äußert. Der Aufbau wird mit definierten Spannungen angesteuert.

[0086] Die Reduktions- und Oxidationsprozesse in dem erfindungsgemäßen elektrochromen Aufbau erfolgen im allgemeinen durch Elektronenaufnahme bzw. -abgabe an der Kathode bzw. Anode, wobei zwischen den Elektroden vorzugsweise eine Potentialdifferenz von 0,1 bis 5 V, ganz besonders bevorzugt 0,1 bis 3 V herrscht. Nach Abschalten des elektrischen Potentials kann die vorher erzielte Einfärbung eine längere Zeit aufrecht erhalten werden (Memory-Effekt), so daß man mit minimalen Energieverbrauch eine permanente Einfärbung erzielen kann. Durch kurzzeitiges Umpolen kann spontan ein Ladungsausgleich und damit Entfärbung erreicht werden.

[0087] Der erfindungsgemäße lichtgeschützte elektrochrome Aufbau ist auch bei größeren Flächen dadurch gekennzeichnet, daß eine Versorgung mittels Solarmodule möglich ist.

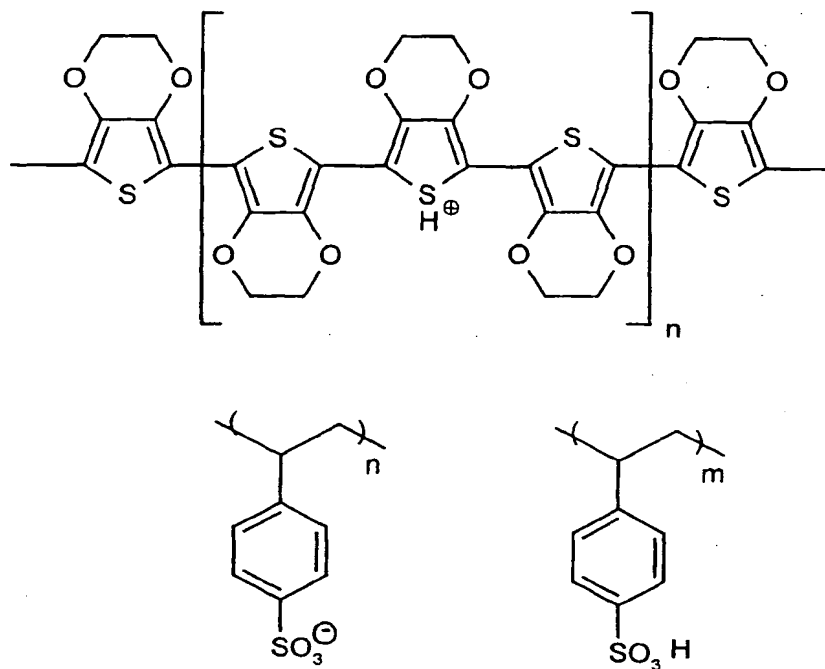
[0088] Zur besseren Benetzung der Substrate kann auch ein Benetzungsmittel (z.B. Fluortensid) zugesetzt werden.

## **Beispiele:**

### **Beispiel 1**

#### **Aufbringen eines elektrochromen Polymers auf ein leitfähiges Substrat**

[0089] Das Polymer Baytron® P (wäßrige Dispersion des leitfähigen Polymers PEDT/PSS, Polyethylendioxythiophen-polystrylsulfonat der Fa. Bayer AG)



wird aus wäßriger Lösung, die noch Isopropanol enthält, mit einer Lackschleuder 4 mal mit je 15 Sekunden bei einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 1500 U/min. auf die elektrisch leitfähige Seite einer K-Glas-Scheibe (Wärmeschutzglas der Fa. Flachglas, Oberflächenwiderstand ~20 Ω/sq) aufgebracht. Während dem Aufbringen wird mittels eines Föns das Lösungsmittel abgedampft.

[0090] Man erhält einen durchsichtigen, nur ganz leicht bläulich gefärbten Polymerfilm. Eine Messung der Schichtdicke mit einem Profilometer ergab einen Wert von 0,6 µm.

### Beispiel 2

#### Herstellung einer Ionenspeicherschicht (TiO<sub>2</sub>-CeO<sub>2</sub>)

[0091] 0,548 g Cer-ammoniumnitrat (Ce(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>) wird in 100 ml trockenem Ethanol vorgelegt und mit 0,142 g Titanisopropylat versetzt. Diese Lösung wird mehrere Stunden lang bei Raumtemperatur gerührt. Das so erhaltene Sol wird anschließend bei 1500 U/min auf die leitfähige Seite einer K-Glasscheibe aufgebracht (Dauer: 10 sec).

[0092] Diese Schicht wird 1 Stunde lang bei 200°C getempert, wobei eine Ionenspeicherschicht aus TiO<sub>2</sub>-CeO<sub>2</sub> (1:2) erhalten wird.

### Beispiel 3

#### Herstellung eines Gel-Elektrolyten mit UV-Schutz

[0093] 7,6 g des photovernetzbaren Acrylats V531-2,6 (Fa. Bayer AG) wird zusammen mit 0,19 g (2,5 Gew.-%) Photoinitiator<sup>®</sup> Darocure 1173 der Fa. Merck, Darmstadt und 0,3 g (3 Gew.-%) Lithium-Trifluormethansulfonat der Fa. Aldrich und 0,1 g (1 Gew.-%) 4-Methacryl-2-hydroxybenzophenon (Fa. Poly-Science) in 2 g trockenem 1,2-Propylencarbonat der Fa. Aldrich vermischt. Diese Abmischung ist gießfähig und kann photochemisch vernetzt werden, wodurch ein nicht mehr fließfähiger Gel-Elektrolyt hergestellt werden kann. Der UV-Absorber 4-Methacryl-2-hydroxybenzophenon wird auf diese Weise in der Matrix aus V531-2,6 immobilisiert.



**Beispiel 4**Fertigstellung einer kompletten elektrochromen Zelle mit vernetztem Gel-Elektrolyt der UV-Absorber enthält

[0094] Der noch unvernetzte Gel-Elektrolyt aus Beispiel 3 wird auf die Ionenspeicherschicht aus Beispiel 2 mit einer Naßfilmdicke von 200 µm aufgebracht und mit einer elektrochromen Schicht aus Beispiel 1 in Kontakt gebracht. Dieser Verbund wird mit einer Bandlaufgeschwindigkeit von 7,5 m/min unter einem UV-Stahler (IST-Strahler) hinwegbefördert. Dadurch wird der Gel-Elektrolyt vernetzt. Man erhält Systeme die einen nicht mehr fließenden Gel-Elektrolyten enthalten und transparent sind.

**Beispiel 5**Funktionstest der Zelle mit UV-Schutz

[0095] Die UV-geschützte elektrochrome Zelle aus Beispiel 4 wird durch Anlegen von 2,5 V einer Gleichspannungsquelle auf ihre Funktion hin geprüft.

[0096] Durch Umpolen der Spannung lassen sich beide Zustände (eingefärbt/entfärbt) demonstrieren.

[0097] Der eingefärbte Zustand zeichnet sich durch seine intensiv blaue Färbung aus. Durch mehrmaliges Umpolen läßt sich die Stabilität des elektrochromen Aufbaus zeigen (vgl. Fig. 2).

**Beispiel 6**Fertigung einer elektrochromen Zelle ohne UV-Absorber

[0098] Zum Vergleich mit einer Zelle ohne UV-Schutz wird ein Gel-Elektrolyt hergestellt, der sich vom Gel-Elektrolyt aus Beispiel 3 nur dadurch unterscheidet, daß hier kein UV-Absorber eingemischt wird.

[0099] Die Fertigung der kompletten elektrochromen Zelle erfolgt wie unter Beispiel 4 beschrieben.

**Beispiel 7**Funktionstest der Zelle ohne UV-Absorber

[0100] Dies erfolgt analog zu Beispiel 5. Dabei ist optisch kein Unterschied im Schaltverhalten der Zelle mit UV-Schutz festzustellen.

**Beispiel 8**Belichtung der Zellen im Xenotest

[0101] Die elektrochromen Zellen (mit bzw. ohne UV-Absorber) werden zur Ermittlung der Wirkung des UV-Absorbers in einem Belichtungsgerät Xenotest 150 S der Fa. Heraeus im Verlaufe von 1 Woche bestrahlt. Die eingestrahlte Leistung beträgt bei der verwendeten Konfiguration „Sonnenlicht im Freien“ 1570 W/m<sup>2</sup>.

**Beispiel 9**Vergleich der elektrochromen Zellen

[0102] Ein Vergleich der elektrochromen Zellen (mit bzw. ohne UV-Absorber) nach einem Verfahren analog zu Beispiel 5 zeigt, daß die nicht-UV-geschützte elektrochrome Zelle nach der Bestrahlung signifikant schlechtere Eigenschaften in Bezug auf das Schaltverhalten, sowie auf die maximal erreichbare Einfärbung zeigt.

**Patentansprüche**

1. UV-geschützte elektrochrome Anordnungen mit einem UV-geschützten (Gel-Elektrolyten mit einem immobilisierten UV-Absorber in einem Schichtaufbau, dadurch gekennzeichnet, daß eine Schicht ein elektrisch leitfähiges, elektrochromes Polydioxythiophen und eine weitere Schicht einen oder eine Mischung von Ionenspeichern der Formeln (I) bis (XXI) ist

|    |  |         |
|----|--|---------|
|    | $\text{Me}^1\text{O}_2$                                | (I)     |
|    | $\text{Me}^2_2\text{O}_5$                              | (II)    |
| 5  | $\text{Li}_x\text{Me}^1\text{O}_2$                     | (III)   |
|    | $\text{Li}_x\text{Me}^2_2\text{O}_5$                   | (IV)    |
| 10 | $\text{Li}_x\text{Me}^1\text{O}_{2+x/2}$               | (V)     |
|    | $\text{Li}_x\text{Me}^2_2\text{O}_{5+x/2}$             | (VI)    |
|    | $\text{Me}^3\text{O}$                                  | (VII)   |
| 15 | $\text{Me}^3\text{O}_x$                                | (VIII)  |
|    | $\text{M}_x\text{Me}^3\text{O}$                        | (IX)    |
| 20 | $\text{M}_x\text{Me}^3\text{O}_2$                      | (X)     |
|    | $\text{M}_x\text{Me}^3\text{O}_y$                      | (XI)    |
|    | $\text{Me}^4\text{O}_3$                                | (XII)   |
| 25 | $\text{M}_x\text{Me}^4\text{O}_3$                      | (XIII)  |
|    | $\text{M}_x\text{Me}^4_{(1-x)}\text{Me}^4_x\text{O}_3$ | (XIV)   |
| 30 | $\text{Me}^3(\text{OH})_2$                             | (XV)    |
|    | $\text{Me}^3\text{O}(\text{OH})$                       | (XVI)   |
|    | $\text{MMe}^3\text{O}_2$                               | (XVII)  |
| 35 | $\text{Me}^3\text{O}_2$                                | (XVIII) |
|    | $\text{Me}^3_2\text{O}_3$                              | (XIX)   |
| 40 | $\text{Me}^3_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$     | (XX)    |
|    | $\text{LiMe}^5\text{O}_3$                              | (XXI)   |

worin

|    |                                 |   |
|----|---------------------------------|---|
| 45 | $\text{Me}^1$ und $\text{Me}^2$ | für ein Metall der III., IV. und V. Nebengruppe des Periodensystems nach Mendelejew steht,    |
|    | $\text{Me}^3$ und $\text{Me}^4$ | für ein Metall der VI. und VIII. Nebengruppe des Periodensystems,                             |
|    | $\text{Me}^5$                   | für ein Metall der V. Nebengruppe des Periodensystems nach Mendelejew steht,                  |
| 50 | x                               | für Zahlen von 0,001 bis 5 steht,   |
|    | y                               | für Zahlen von 0,001 bis 5 steht,   |
| 55 | M                               | steht vorzugsweise für ein Metall der 1. Hauptgruppe des Periodensystems oder für ein Proton, |
|    | $\text{Me}^1$                   | steht vorzugsweise für Zirkonium, Cer oder Titan,   |

- Me<sup>2</sup> steht vorzugsweise für Vanadium oder Niob,  
 Me<sup>3</sup> steht vorzugsweise für Nickel oder Iridium,  
 Me<sup>4</sup> steht vorzugsweise für Molybdän oder Wolfram,  
 Me<sup>5</sup> steht vorzugsweise für Vanadium, Niob oder Tantal.

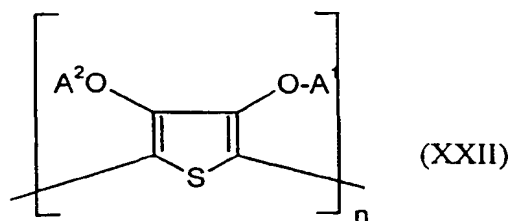
2. UV-geschützte elektrochrome Anordnungen gemäß Anspruch 1, wobei die folgenden Verbindungen oder eine Mischung von mindestens zwei Verbindungen als Ionenspeicher fungieren:

|  |   |
|--|---|
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                      | NiO   |
| Li <sub>x</sub> V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>      | NiO <sub>2</sub>                                  |
| Li <sub>x</sub> V <sub>2</sub> O <sub>5+x/2</sub>  | Ni(OH) <sub>2</sub>                               |
| CeO <sub>2</sub>                                   | NiO(OH)   |
| Li <sub>x</sub> CeO <sub>2</sub>                   | LiNiO <sub>2</sub>                                |
| Li <sub>x</sub> CeO <sub>2+x/2</sub>               | Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                    |
| Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                     | Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · H <sub>2</sub> O |
| Li <sub>x</sub> Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>     | Li <sub>x</sub> NiO                               |
| Li <sub>x</sub> Nb <sub>2</sub> O <sub>5+x/2</sub> | WO <sub>3</sub>                                   |
| LiNbO <sub>3</sub>                                 |   |

3. UV-geschützte elektrochrome Anordnungen, gemäß Anspruch 1 bis 2, wobei folgende Mischungen verwendet werden:

TiO<sub>2</sub> - CeO<sub>2</sub>  
 CeO<sub>2</sub> - V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 TiO<sub>2</sub> - V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 Li<sub>x</sub>CeO<sub>2</sub> - Li<sub>x</sub>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 Li<sub>x</sub>TiO<sub>2</sub> - Li<sub>x</sub>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 Li<sub>x</sub>TiO<sub>2</sub> - Li<sub>x</sub>CeO<sub>2</sub>  
 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 Li<sub>x</sub>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - Li<sub>x</sub>Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 NiO - CeO<sub>2</sub>  
 NiO - TiO<sub>2</sub>.

4. UV-geschützte elektrochrome Anordnungen, gemäß Anspruch 1, wobei kationische oder neutrale Polydioxythiophene aus Struktureinheiten der Formel (XXII)



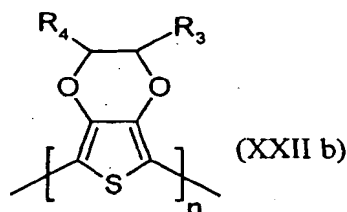
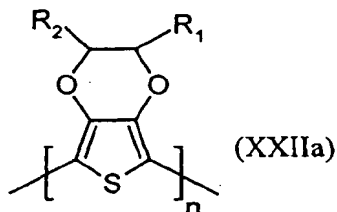
aufgebaut sind, in der

A<sup>1</sup> und A<sup>2</sup> unabhängig voneinander für gegebenenfalls substituiertes (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>)-Alkyl stehen oder zusammen gegebenenfalls substituiertes (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>)-Alkylen bilden, und

n für eine ganze Zahl von 2 bis 10.000 steht,

und die Gegenionen Polyanionen sind.

5. UV-geschützte elektrochrome Anordnungen, gemäß Anspruch 4, wobei die kationischen oder neutralen Polydi-oxythiophene aus Struktureinheiten der Formel (XXIIa) oder (XXIIb) aufgebaut sind



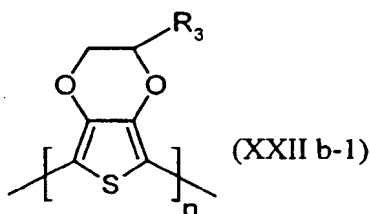
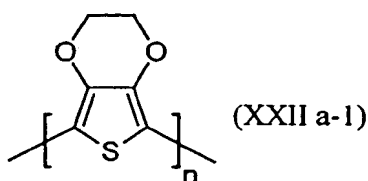
worin

R<sub>1</sub> und R<sub>2</sub> unabhängig voneinander für Wasserstoff gegebenenfalls substituiertes (C<sub>1</sub>-C<sub>18</sub>)-Alkyl, (C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub>)-Alkenyl, (C<sub>3</sub>-C<sub>7</sub>)-Cycloalkyl, (C<sub>7</sub>-C<sub>15</sub>)-Aralkyl, (C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>)-Aryl, (C<sub>1</sub>-C<sub>18</sub>)-Alkyloxy oder (C<sub>2</sub>-C<sub>18</sub>)-Alkyloxyester steht und

R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub> unabhängig voneinander für Wasserstoff, aber nicht beide gleichzeitig, mit mindestens einer Sulfo-natgruppe substituiertes (C<sub>1</sub>-C<sub>18</sub>)-Alkyl, (C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub>)-Alkenyl, (C<sub>3</sub>-C<sub>7</sub>)-Cyctoalkyl, (C<sub>7</sub>-C<sub>15</sub>)-Aralkyl, (C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>)-Aryl, (C<sub>1</sub>-C<sub>18</sub>)-Alkyloxy oder (C<sub>2</sub>-C<sub>18</sub>)-Alkyloxyester steht,

n für eine Zahl von 2 bis 10 000 steht.

6. UV-geschützte elektrochrome Anordnungen, gemäß Anspruch 6, enthaltend kationisches oder neutrales Polydi-oxythiophen der Formel (XXII a-1) oder (XXII b-1)



worin

$R_3$  und  $n$  die in Anspruch 4 genannte Bedeutung hat.

7. UV-geschützte elektrochrome Anordnungen, gemäß Anspruch 5 und 6, wobei die Polyanionen Anionen von polymeren Carbonsäuren, und/oder polymeren Sulfonsäuren sind.

8. UV-geschützte elektrochrome Anordnungen, gemäß Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrochrome Anordnungen mindestens eine transparente elektrisch leitfähige Beschichtung auf einem Substrat aufgebracht enthält.

9. UV-geschützte elektrochrome Anordnungen, gemäß Anspruch 1 bis 8, wobei das leitfähige Elektrodenmaterial ein elektrisch leitfähiges Polydioxothiophen ist.

10. UV-geschützte elektrochrome Anordnungen, gemäß Anspruch 1 bis 8, wobei eine mit einem Metall verspiegelte Scheibe (Substrat) als leitfähige Schicht zur Kontaktierung genutzt wird.

11. UV-geschützte elektrochrome Anordnungen, gemäß Anspruch 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der erfindungsgemäße UV-geschützte elektrochrome Aufbau einen transparenten vernetzten Gel-Elektrolyten enthält, der folgende Komponenten enthält:

Polymer (vernetzt)

Li-Salz

Lösungsmittel oder Lösungsmittelgemisch

Lichtschutzmittel (UV-Stabilisator) oder Mischung

mehrerer Lichtschutzmittel die chemisch in das Netzwerk

eingebaut sind.

12. UV-geschützte elektrochrome Anordnungen, gemäß Anspruch 1 bis 11, wobei photovernetzbare Polymere eingesetzt werden.

13. UV-geschützte elektrochrome Anordnungen, gemäß Anspruch 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß sie mindestens einen UV-Absorber oder ein Lichtschutzmittel aus der Substanzklasse der

Benzophenone

Benzotriazole

nickelorganische Verbindungen

Salicylsäureester

Zimtsäureester

5 Benzyldenmalonate

Benzoessäureester

Oxalanilide

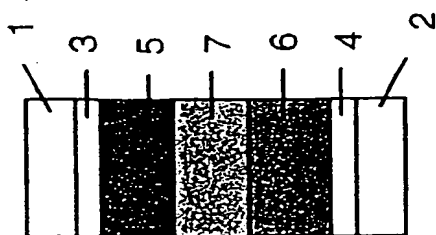
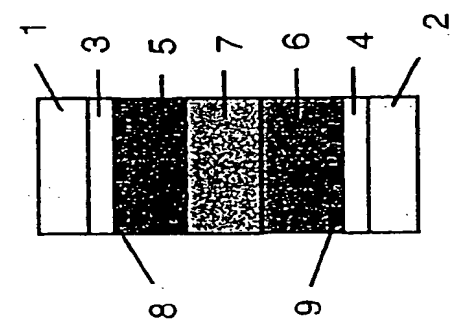
sterisch gehinerte Amine

polymere sterisch gehinderte Amine

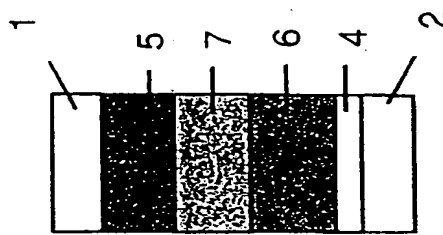
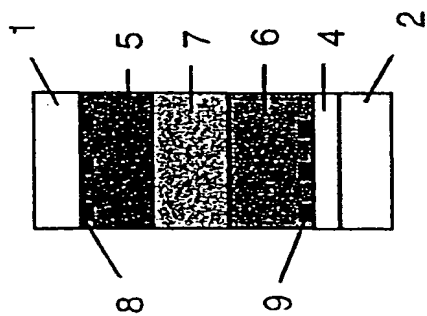
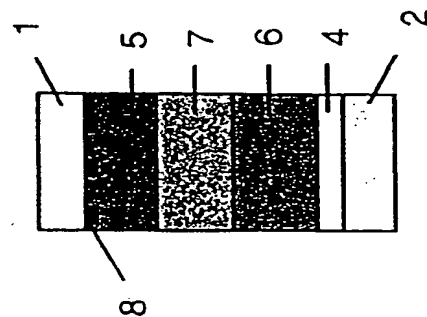
10 in der Gel-Elektrolytschicht enthält, wobei die UV-Absorbermoleküle chemisch an die Matrix angeknüpft sind,  
wodurch diese nicht mehr migrieren können (Immobilisierung).

14. UV-geschützte elektrochrome Anordnungen, gemäß Anspruch 11 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Gel-  
15 Elektrolyten neben Lichtschutzmittel auch organische und/oder anorganische Füllstoffe und/oder Additive enthal-  
ten.

Fig. 1



I)



II)

Elektrochromes Schalten nach Anlegen einer Spannung von  $\pm 2.5$   
 EC-Zelle mit PEDT/PSS auf K-Glas und  $\text{TiO}_2/\text{CeO}_2$ -Ionen-speicherschicht (Sol-Gel)

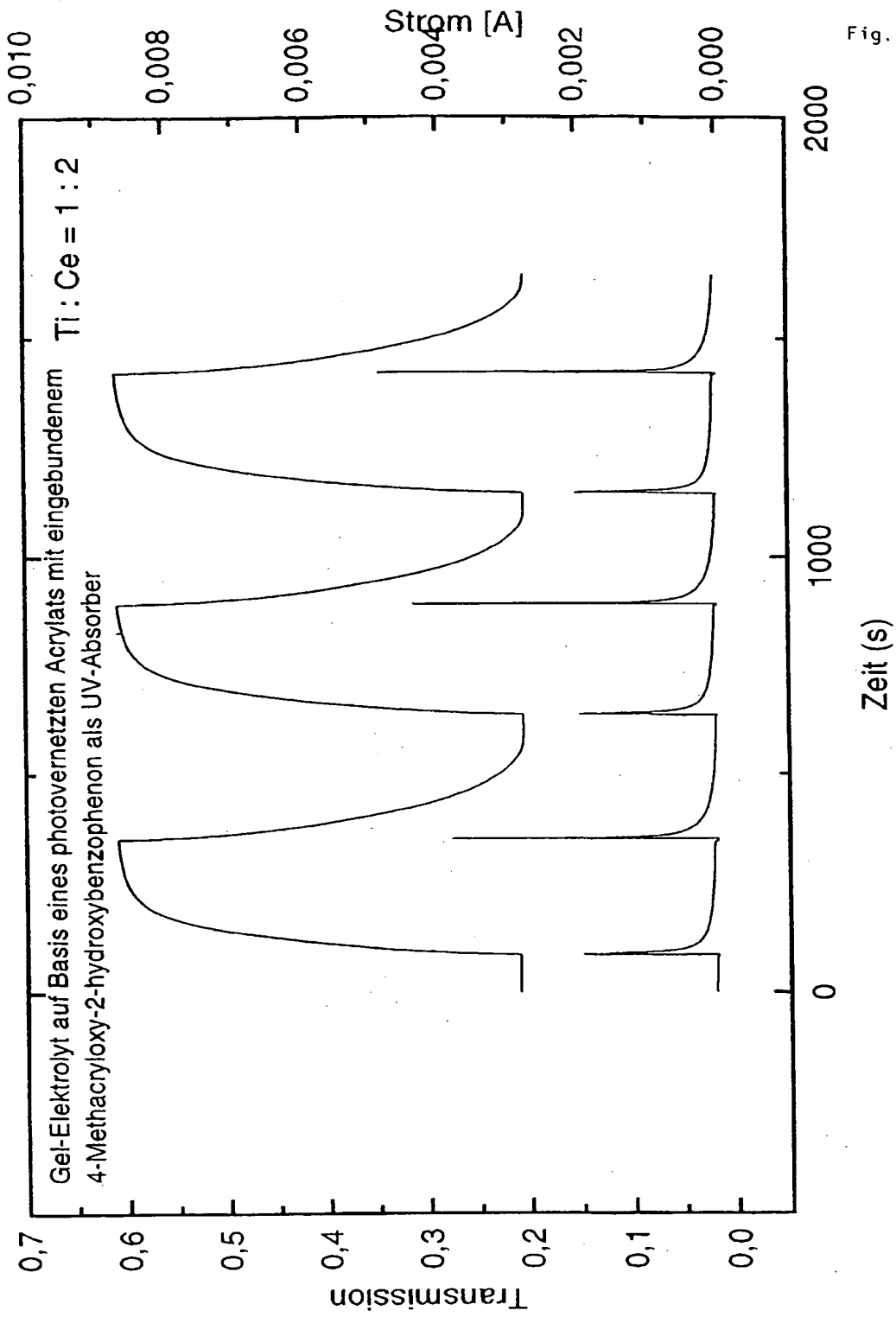


Fig. 2